



Wie viel **Astronomie** braucht der **Mensch**?

Wer unsere naturwissenschaftlich-technisch geprägte Gesellschaft künftig verstehen und mitgestalten will, bedarf zunehmend auch des Blicks über die Erde hinaus. Doch in den meisten Bundesländern werden Schüler kaum dazu befähigt. Welche Inhalte der Astronomie sollten in allgemein bildenden Schulen vermittelt werden? Wie und in welchem Alter sollte das geschehen?

Von Lutz Clausnitzer

Um die aufgeworfenen Fragen beantworten zu können, muss zunächst dargestellt werden, in welchem Kontext die Astronomie zu den anderen Fachgebieten steht, insbesondere zur Physik. Deshalb wird zunächst die Beziehung dieser beiden Wissenschaften zueinander aus ihrer historischen Entwicklung heraus untersucht. Erst dann soll es um Inhalte und Organisationsformen der Schulastronomie gehen.

Physik und Astronomie

In frühen Kulturen hatte man mythisch geprägte Vorstellungen von der Natur. Experimente hatten nicht den Stellenwert wie in der modernen Wissenschaft seit Galilei (1564–1642). Wissen entstand vornehmlich durch direktes Beobachten von Naturerscheinungen und die Kraft des menschlichen Geistes. Ohne die experimentelle Methode war die Naturerkenntnis im Allgemeinen erschwert. Doch ein Gebiet kam allein mit Beobachten und Denken gut zurecht und konnte sich daher besser entwickeln als alle anderen: die Astronomie.

In Mesopotamien teilte man den Tag um 1700 vor unserer Zeitrechnung in

24 Stunden ein. Die Länge eines Jahres war auf 4,5 Minuten und die Zeit von Vollmond zu Vollmond auf wenige Sekunden genau bekannt. Man schuf die Grundlagen der Zeitbestimmung, Kalenderrechnung und Astronavigation. Damit förderte die Astronomie die geistig-kulturelle, technologische und wirtschaftliche Entwicklung. Schon lange vor Beginn unserer Zeitrechnung wurde sie als methodischer Prozess der objektiven Erkenntnisgewinnung sichtbar, bediente sich mathematischer Methoden und entwickelte sich zur ersten Naturwissenschaft. In der Physik finden wir die Mathematik erst später, bei Archimedes.

Zum Erfolg der Astronomie trug allerdings auch eine aus heutiger Sicht unwissenschaftliche Aufgabe der Astronomen bei: die Astrologie, das heißt Sterndeutung. Was die Menschen dazu bewog, erfahren wir bei Platon. Er war überzeugt, dass die Planeten Götter oder zumindest Anzeiger göttlichen Willens sind. Daher der Glaube, man könne an der Stellung und Bewegung der Planeten die Absichten der Götter ablesen und damit künftige irdische Ereignisse vorhersagen. Zum Schaden der Astrono-

mie war diese Auffassung nicht. Denn auch dadurch entstanden umfassende Beobachtungsreihen, die oft über Jahrhunderte geführt wurden und wertvolle wissenschaftliche Erkenntnisse hervorbrachten.

Revolution des Denkens

An den Universitäten des europäischen Mittelalters waren Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Musik, Arithmetik, Geometrie und Astronomie die Pflichtfächer des Grundstudiums (siehe Bild S. 28). Der darin Unterwiesene galt als freier, nämlich vom Broterwerb befreiter, gebildeter Mann. Deshalb wurden sie als die Sieben Freien Künste bezeichnet, die übrigens schon in der Spätantike bekannt waren. Nachdem der Lernende sich darin solides Wissen angeeignet hatte, durfte er sich dem Fachstudium, einer der »drei oberen Fakultäten [...] Theologie, Jurisprudenz und Medizin«, widmen. Biologie, Chemie und Physik waren nicht darunter. Das lässt den Schluss zu, dass das damals vorhandene Wissen, das man heute diesen Wissenschaften zuordnen würde, als weniger lebensbedeutsam angesehen wurde. Auch innerhalb der Astronomie spielte



AlbertoRoura / Getty Images / iStock

die Physik keine Rolle. Denn Aristoteles (384 bis 322 vor unserer Zeitrechnung) hatte die Unvereinbarkeit von Physik und Astronomie festgeschrieben und wie folgt begründet: Während auf der Erde alle Körper zur Ruhe kommen, bewegen sich die Himmelskörper ewig. Folglich müssen im Kosmos andere Gesetze gelten als auf der Erde.

Es wurde nicht versucht, astronomische Beobachtungen mit Hilfe eines physikalischen Modells zu deuten. Selbst Nikolaus Kopernikus (1473–1543) sah dafür noch keinen Anlass. Denn er stellte sich die Planeten und Sterne an sich ewig drehenden kristallinen Sphären (durchsichtigen Kugelschalen) vor, was keiner physikalischen Erklärung bedurfte.

Galileo Galilei (1564–1642) etablierte die experimentelle Methode in der Physik und die Fernrohrbeobachtung in der Astronomie. Es gelang ihm allerdings noch nicht hinreichend, beide Wissenschaften miteinander zu verknüpfen. Auch Johannes Kepler (1571–1630) gewann seine drei Gesetzmäßigkeiten rein empirisch aus astrometrischen Daten, ohne Mitwirkung physikalischer Gesetze.

Erst mit einer fundamentalen Entdeckung von Isaac Newton (1643–1727) fanden die Physik und die Astronomie zueinander: Die Kraft, die einen Körper auf den Erdboden fallen lässt, ist vom Wesen her die gleiche, welche die Planeten auf ihre Bahn um die Sonne zwingt. Newtons Gravitationsgesetz war das erste Naturgesetz, bei dem die Gelehrten erkannt hatten, dass es sowohl auf der Erde als auch im Kosmos gilt. Zusammen mit Newtons Trägheitsgesetz, dem Grundgesetz der Dynamik, und dem Wechselwirkungsgesetz veröffentlichte er es 1687 in seinem Hauptwerk »Philosophiae Naturalis Principia Mathematica«.

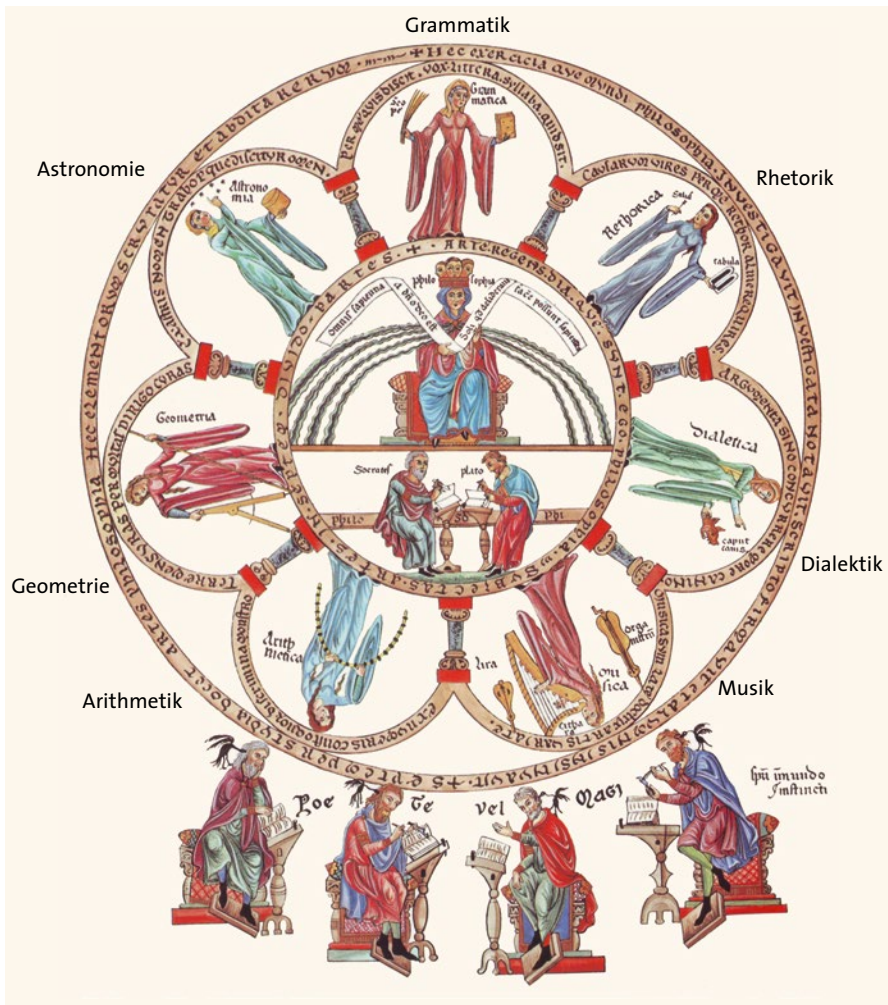
Als man in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit Hilfe der Spektralanalyse überall, wohin man die Fernrohre auch richtete, die gleichen chemischen Elemente fand wie auf der Erde, erhärtete sich die Vermutung, dass wohl alle Naturgesetze im gesamten Weltall gelten könnten. Albert Einstein (1879–1955) hatte dafür eine Erklärung: »Alle Stellen des Universums sind gleichwertig.« Bis heute gibt es keinerlei Beobachtungen, die diese Universalität der Naturgesetze in Zweifel ziehen könnten.

Schülerinnen und Schülern macht der praktische Teil der Astronomie viel Spaß. Der Anblick eines Himmelsobjekts durch ein Teleskop und die Verwendung von Sonnenfinsternisbrillen ist für viele ein eindrucksvolles Erlebnis.

IN KÜRZE

- Astronomie ist eine eigenständige Wissenschaft. Die Astrophysik ist ein Teilgebiet der Astronomie.
- Eine astronomische Grundbildung ist für alle Schüler wichtig und motiviert sie für MINT-Fächer.
- Wie soll Astronomie in der Schule vermittelt werden: Verteilt auf andere Fächer, im Physikunterricht oder als eigenständiges Fach?

Dialor_01 / Septem artes liberales aus Herrad von Landsberg: Hortus deliciarum, um 1180 (commons.wikimedia.org/wiki/File:Hortus_Deliciarum_Dialor_01 / Septem artes liberales mit den sieben freien Künsten.JPG) / CC BY-SA 3.0 (creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)



An den Universitäten des europäischen Mittelalters bildeten die Sieben Freien Künste das Grundstudium.

Die unten dargestellten Disziplinen unterstützen die Astronomie bei der Erforschung und Interpretation des Weltalls. Aber auch Geschichte, Philosophie, Archäologie, Ethik, Religion, Kunst, Literatur und Musik finden Eingang.

Das führte zu einer Wende im forschungsmethodischen Denken. Fortan konnten und können die auf der Erde geltenden Gesetze der Physik, Biologie, Chemie, Geografie und anderer Fachgebiete zur Erforschung des Universums herangezogen werden. Umgekehrt gelten die durch astronomische Beobachtungen gewonnenen Naturgesetze auch auf der Erde. Beispielsweise wurde das Element Helium zuerst im Spektrum der Sonne gefunden und der Dopplereffekt zuerst an Doppelsternen beschrieben.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts baute die Astronomie ihren interdisziplinären Charakter weiter aus. Die Raumfahrt bescherte der Astrophysik den Empfang des gesamten elektromagnetischen Spektrums kosmischer Quellen. Sie ermöglichte erstmalig eine Sonnensystemforschung mit der Naherkundung von Himmelskörpern, aber auch mittels satellitengestützter Detektoren die Entdeckung neuer Phänomene in der Milchstraße sowie extragalaktischer Quellen.

Das Nördlinger Ries und weltweit noch viel größere geologische Strukturen wurden als Impaktkrater identifiziert und führten zu der Erkenntnis, dass Einschläge von Himmelskörpern mit mehreren Kilometern Durchmesser die Evolution auf der Erde mehrmals sehr stark und nachhaltig beeinflusst haben.

Die besondere Stellung der Astronomie in der Kulturgeschichte der Naturwissenschaften wurde deutlicher herausgearbeitet. Astronomen rekonstruierten die Entwicklung des Universums. So zeichneten sie unter anderem die Entstehungsgeschichte der chemischen Elemente detailliert seit dem Urknall nach. Das lockte die Wissenschaftler weiterer Disziplinen an, sich für die Erforschung des Universums zu interessieren.

Während die Astronomie vor Newton gar nichts mit Physik zu tun hatte, ist sie heute eine ausgeprägt interdisziplinäre Wissenschaft. Ein Teilgebiet der Physik war sie nie. Diese Tatsache muss sich im Unterricht adäquat widerspiegeln.

Astronomie in der Schule

Im Laufe der Schulzeit werden alle Schüler Schritt für Schritt mit ihrem Wohnort, ihrem Bundesland, Deutschland, Europa und der Welt vertraut gemacht. Dann ist es nicht verständlich, warum sie gegen Ende

Interdisziplinär über Jahrhunderte

> 3. Jt. vor unserer Zeit

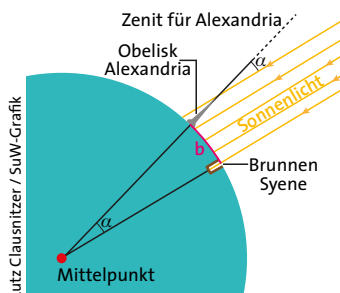
Mathematik und Winkelmessung



Wellcome Collection / Ptolemy and Astronomy, 1503, aus Gregor Reisch: Margarita Philosophica (wellcomecollection.org/works/kwupkgh) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

3. Jh. vor unserer Zeit

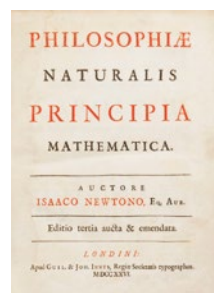
Geografie



Lutz Clausnitzer / SuW-Grafik

17. Jahrhundert

Physik und Technik
Himmelsmechanik



Isaac Newton: Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica, 1687

Fernrohr



aluxum / Getty Images / iStock

der Mittelstufe, wo man noch die Mehrheit der Schüler erreicht, nicht auch an die ganz großen Zusammenhänge unserer Existenz herangeführt werden. Wie sollen die Schüler zu einem naturwissenschaftlich fundierten Weltbild gelangen, ohne jemals über die Erde hinaus geblickt zu haben?

Die Astronomie ist die Wissenschaft vom Universum außerhalb der Erde und dessen Einfluss auf die Erde. Sie umfasst die Kosmologie, Himmelsmechanik, Astrophysik, Planetologie, Kleinkörper- und Impaktforschung, die Geschichte der Astronomie und weitere Teilgebiete. Wie man an den Astrometriesatelliten sieht, ist auch die altherwürdige Positionsastronomie weiterhin von großer Bedeutung. Wir nutzen sie ja auch zur Orientierung am Sternenhimmel, wenn wir uns an der scheinbaren Himmelskugel besondere Punkte, Linien, Sternbilder und sphärische Koordinatensysteme vorstellen.

Bei einer solch umfassenden und vielschichtigen Grundlagenwissenschaft stellt sich die Frage, welche Inhalte sich die Schüler erarbeiten sollen. Die Antwort muss mit dem Anliegen der allgemeinen Bildung im Einklang sein. Dabei dürfen wir nicht vergessen, vom Schüler aus zu denken. Die Schwerpunkte sollten nicht vordergründig auf dem liegen, was gerade in der aktuellen Forschung angesagt ist, sondern auf dem, was für die Schüler so grundlegend und nachhaltig ist, dass sie es anwenden und jederzeit darauf aufbauen können.

Das für die Schüler Grundlegende der Astronomie ist das für sie Naheliegende, das am Tag- und Nachthimmel mit bloßem Auge fast täglich Wahrnehmbare. Der Einwand, den Nachthimmel könnten viele gar nicht mehr sehen, lässt sich in einen erzieherisch wertvollen Ansatz umwandeln. Zwar kann man in europäischen Großstädten die Sonne, den Mond, die

Planeten und die hellsten Sterne durchaus noch beobachten; doch zugleich ist die Lichtverschmutzung ein Thema, das nicht nur für Astronomen und Naturschützer an Bedeutung gewinnt. Am Beispiel des Verschwindens des Nachthimmels erfahren Schüler, wie die zivilisierte Menschheit ihre Umwelt beeinflusst und selbst immer mehr den Kontakt zur Natur verliert. Die viel gerühmte Erhabenheit des Sternenhimmels ist eine prädestinierte Möglichkeit, junge Menschen dafür zu sensibilisieren und ihr Verantwortungsbewusstsein

lernen, wie diese schon vor langer Zeit genutzt wurden, um das Leben zu verbessern (Zeit, Kalender, Navigation). Es folgen die mathematisch interessanten Belege für die Kugelgestalt der Erde und die Größenabschätzung nach Eratosthenes. Nun setzen sich die Lernenden mit dem geo- und heliozentrischen Weltbild auseinander. Nach der Behandlung der keplerschen Gesetze kommt mit der Gravitation die Physik ins Spiel. Je nach Klassenstufe und der zur Verfügung stehenden Zeit sollten, wenn möglich, himmelsmechanische Berechnungen

Während die Astronomie vor Newton gar nichts mit Physik zu tun hatte, ist sie heute eine ausgeprägt interdisziplinäre Wissenschaft. Ein Teilgebiet der Physik war sie nie.

zu entwickeln. Auch deshalb ist es weiterhin richtig und wichtig, die Astronomie phänomenorientiert – also inklusive Beobachtungen – zu erschließen, und zwar unabhängig davon, in welchem Alter man mit astronomischer Bildung beginnt. Die Schüler sollten das bereits selbst Beobachtete in den Astronomieunterricht einbringen dürfen und dort befähigt werden, es zu beschreiben und zu erklären. Damit tun sie übrigens etwas, was man schon in der Antike konnte. Weil dazu zunächst keinerlei physikalische Kenntnisse erforderlich sind, funktioniert diese Herangehensweise schon in unteren und mittleren Schuljahren. Aber auch viele ältere Schüler sind leichter für die Astronomie zu gewinnen, wenn es erst einmal ohne Physik geht.

Apropos Antike: Warum behandeln wir die Astronomie nicht so, wie sie historisch gewachsen ist (siehe Bildstrecke unten)? Ausgehend von der Orientierung am Sternenhimmel erarbeiten die Schüler einfache geometrische Zusammenhänge und

einbezogen werden. Nun lernen die Schüler unter Einbeziehung von Vorleistungen aus dem Geografieunterricht die Beschaffenheit der Planeten sowie den Nutzen der Raumfahrt kennen. Nachdem sie sich mit grundlegenden Elementen der Astrophysik vertraut gemacht haben, bekommen sie bei der Behandlung der Sternentwicklung einen Einblick in die chemische Evolution des Universums als Voraussetzung für die Entstehung des Sonnensystems, der Erde und des Lebens. Über extrasolare Planeten gelangen sie zur Astrobiologie, die zu klären versucht, unter welchen Bedingungen Leben möglich ist und wie die Entstehung des Lebens in die Entwicklung des Weltalls eingebunden ist. So wird das Universum als Voraussetzung und Rahmen für die Existenz der Menschheit sichtbar und das Welt- und Umweltverständnis über das Irdische hinaus erweitert.

Der Kasten auf S. 30 bis 31 zeigt, welche Inhalte in welcher Reihenfolge behandelt werden sollten, um das zu realisieren. Die

19. Jahrhundert
20. Jahrhundert

Physik und Technik
Astrophysik/Spektroskopie

Lutz Clausnitzer / SuW-Grafik
SuW-Archiv

Chemie

SuW-Grafik

Raumfahrt

NASA

Informatik

12963734 / Getty Images / iStock

Biologie

Hintergrund: X-ray: NASA/CXC/Univ. of Maryland/O. Osipova et al.; Optical: NASA/STScI; Infrared: NASA/JPL-Caltech; DNA: Thomas Braun, Heidelberg; Composing: SuW-Grafik

Schüler knüpfen an ihre Erfahrungswelt an und tasten sich über Erde, Mond, Planeten, Sonne, Sterne, Milchstraßensystem und Galaxien »nach außen« und zu früheren Phasen kosmischer Entwicklung vor, um die ungewohnten kosmischen Dimensionen des Raums und der Zeit zu erschließen. Dabei durchdringen sie viele allgemein bildende Zusammenhänge bei allmählich steigendem Anforderungsniveau. Sie erfahren nicht nur, was wir heute über das Universum wissen, sondern auch, wie diese Erkenntnisse zu Stande kamen und wie sie die Vorstellungen der Menschen vom Weltall veränderten und weiter verändern werden.

Um hierbei wieder die Verbindung zum Sternenhimmel herzustellen, kann die App »AudioHimmelsführungen« für iOS und Android eingesetzt werden (siehe SuW 6/2015, S. 74). Mit ihr können die Schüler das für die Allgemeinbildung Wichtigste der Astronomie in einer ähnlichen Reihenfolge erleben, wie es erforscht wurde. Dafür wurde sie 2017 auf der internationalen Erfindermesse iENA in Nürnberg ausgezeichnet. Die Inhalte werden zwanglos auf Himmelsspaziergängen erzählt, die man in natura oder auf dem Display verfolgen kann. Schulen, die keine Möglichkeit sehen, den Schülern Himmelsbeobachtungen anzubieten, können ihre Schüler anregen, das an einem für sie günstigen Ort mit dieser App selbst zu tun. Auf der Supportseite steht für jede Folge ein kostenloses Arbeitsblatt zur Verfügung, mit dem das dezentral Gelernte leicht in den nachfolgenden Unterricht eingebunden werden kann. Anlässlich des Schuljahresbeginns wird die Android-Version vom 1. September bis 31. Oktober 2019 auf 2,99 Euro gesenkt.

Das im Kasten rechts dargestellte Konzept wurde bereits auf zweierlei Weise auf die Probe gestellt: Erstens wurde es bis 2007 im Fach Astronomie der Klassenstufe 10 in Sachsen erprobt. Weil jedoch dort nur 30 Unterrichtsstunden zur Verfügung standen, waren erhebliche Abstriche nötig. Zweitens wurde es im Grundkurs Astronomie getestet, der in den Klassenstufen 11 und 12 mit je zwei Jahreswochenstunden eine komfortable und praxisorientierte Umsetzung des Konzepts mit zusätzlichen Projekten ermöglichte – aber eben nur mit relativ wenigen Schülern.

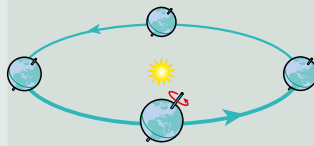
Aus den gesammelten Erfahrungen ergibt sich, dass das Vorhaben in den Klassen 9/10 umsetzbar ist, wenn 50 bis 60 Unter-

v. u. n. o.: ESA / Planck Collaboration; R. Williams (STScI), the Hubble Deep Field Team and NASA-SDO / AIA 304; SuW-Grafik, Planeten: NASA, Sidney Hall; Urania's Mirror, Plate 28, 1825 / Library of Congress (www.loc.gov/pictures/item/2002695519) / public domain; SuW-Grafik

Das »Konzept 60« für Astronomie in der Schule

Das für die Allgemeinbildung Wichtigste der Astronomie soll systematisch, vom Einfachen zum Komplizierten und fächerverbindend erarbeitet werden. Es gilt, nicht nur astronomische Inhalte, sondern die Astronomie als interdisziplinäre Wissenschaft darzustellen. Dabei muss die Bedeutung des Universums für uns Menschen sichtbar werden. Die folgenden Ziele und Inhalte können mit 50 bis 60 Unterrichtsstunden in der

Ziele



1. Orientierung am Himmel

Die Bewegung der Erde (Rotation und Umlauf um die Sonne) bestimmt unsere wichtigsten Lebensrhythmen. Die scheinbare Himmelskugel ist eine um die Erde gedachte Kugelfläche, an der wir die Gestirne zu sehen glauben.



2. Kulturhistorische Wurzeln der Astronomie

Schon vor Jahrtausenden erkannten die Menschen am Tag- und Nachthimmel Gesetzmäßigkeiten, durch deren Anwendungen sie ihr Leben verbesserten.

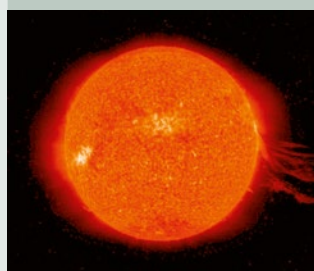


3. Sonnensystem

Der *Mond* als Begleiter der Erde ist neben der Sonne der uns am größten erscheinende Himmelskörper. Er wurde bereits von Menschen besucht.

Das *Sonnensystem* besteht aus der Sonne, acht Planeten und deren Monden sowie Kleinkörpern. Die Sonne vereint 99,86 Prozent der Masse des Sonnensystems in sich und befindet sich daher in dessen Mitte.

Die *Raumfahrt* ermöglicht die Fernerkundung der Erde, die Naherkundung anderer Himmelskörper und den Empfang des gesamten elektromagnetischen Spektrums.



4. Sterne

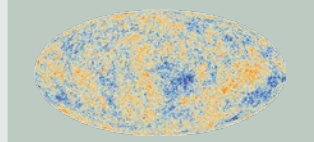
Die *Sonne* ist dem physikalischen Wesen nach ein Stern. Ihr starkes Gravitationsfeld ermöglicht ihren eigenen Zusammenhalt und die Bewegung der Planeten um sie. Als Energielieferant ist sie die Voraussetzung für das Leben auf der Erde.

Die *Sterne* sind selbstleuchtende Gaskugeln großer Masse und hoher Temperatur. Den für ihre Strahlung erforderlichen Energiebedarf decken sie mit der Kernfusion. Weil ihr Energievorrat endlich ist, entstehen und vergehen sie.



5. Strukturen im Weltall

Sterne sind im Weltall nicht gleichmäßig verteilt, sondern bilden Galaxien, Galaxienhaufen und Superhaufen. Die Milchstraße am Himmel ist der Innenanblick unseres heimatlichen Sternsystems, des Milchstraßensystems.



6. Kosmologie

Die Kosmologie ist jenes Teilgebiet der Astronomie, in dem das Weltall als Ganzes betrachtet wird. Kosmologisches Prinzip: Überall im Kosmos gelten die gleichen Naturgesetze.

richts- oder Arbeitsgemeinschaftsstunden zur Verfügung stehen – daher der Name »Konzept 60«. Weiterhin ist es möglich, im naturkundlichen Anfangsunterricht der Klassenstufen 5/6 mit dem Konzept zu beginnen und in späteren Schuljahren fortzusetzen. Auf jeden Fall ist es zu spät, mit der astronomischen Bildung erst in der gymnasialen Oberstufe zu starten. Denn dann erreicht man nur noch einen Teil der Schüler, und das Potenzial eines

guten Astronomieunterrichts, das Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Fächer zu stärken, wird nicht ausgeschöpft und kommt auch der Kurswahl nicht mehr zugute.

Organisation des Unterrichts

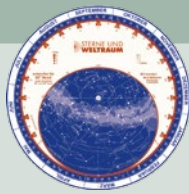
Nun sollen einige Organisationsformen des Astronomieunterrichts vorgestellt und hinsichtlich ihrer Realisierbarkeit und Effizienz untersucht werden. Dabei ist zu

Klassenstufe 9 oder 10 mit allen Schülern umgesetzt werden. In ihrem Aufbau lehnt sich die Tabelle an die der Bildungsstandards (KMK, 2004) der Fächer Biologie, Chemie und Physik an.

Zu einigen Inhalten gibt es Beispielaufgaben und Arbeitsblätter: <http://www.lutz-clausnitzer.de/as/asunte/asunte.html>

Inhalte

Die Erde als Himmelskörper, Ursache für Tag und Nacht und den Wechsel der Jahreszeiten, Sternbilder, drehbare Sternkarte, Astronomiesoftware, Planetarien, Sternwarten, Fernrohre, praktische Himmelsbeobachtungen



Zeit, Kalender, Astronavigation, Förderung der geistig-kulturellen, technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung, Astrologie (die Umstände ihrer Entstehung und die Unvereinbarkeit mit dem heutigen Kenntnisstand)



Entstehung, Aufbau, Bewegung, Phasen, Finsternisse, Bedeutung für die Erde (Gezeiten, Stabilisierung der Achsenneigung der Erde), Kritik an Mondkalendern.

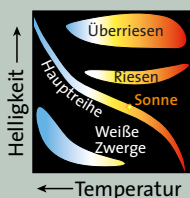
Aufbau des Sonnensystems, keplersche Gesetze, Gravitationsgesetz, Beschaffenheit der Planeten und Kleinkörper, Impakte, Überwachung von Erdbahnkreuzern als Katastrophenschutz



Pioniere wie Ziolkowski und Oberth; Sputnik 1, Gagarin, Apollo-Programm, Armstrong; Raketen und deren Nutzlast, Erdsatelliten, Raumsonden, bemannte Raumfahrt, Nutzen der Raumfahrt

Aufbau, Funktionsweise, Strahlung, Photosynthese, Herkunft fossiler Energieträger, technische Nutzung der Solarenergie, Sonnenaktivität, langfristige Veränderung ihrer Strahlungsleistung und deren Folgen für die Erde

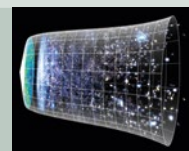
Entfernungen, Lichtjahr, scheinbare Helligkeit, Spektralanalyse, Strahlungsleistung, Oberflächentemperatur, Hertzsprung-Russell-Diagramm, Sternentwicklung, chemische Evolution des Universums von den ersten Elementen bis zur Erde und ihren Bewohnern, extrasolare Planeten, Bedingungen für Leben im All, habitable Zone der Sterne



Aufbau des Milchstraßensystems, Größe und Entfernung von Galaxien, Großstrukturen im Weltall. Der Blick in die Tiefen des Weltalls ist ein Blick in die Vergangenheit.



Die Entwicklung der Vorstellungen der Menschen vom Weltall. Einblick in die moderne Kosmologie. Astronomie als Komponente der Selbstfindung des Menschen und der strategischen Zukunftsplanung der Menschheit.



berücksichtigen, dass die Astronomie keinesfalls auf ihre physikalischen Inhalte und Kompetenzen reduziert werden darf.

Zunächst die Variante 1: Astronomische Inhalte werden auf mehrere Fächer verteilt. Dieser Ansatz erwächst dem interdisziplinären Charakter der Astronomie. Es sollte selbstverständlich sein, dass in mittleren Schuljahren in Geografie die Entstehung der Jahreszeiten, in Physik Sonnen- und Mondfinsternisse und in einem

der beiden Fächer der Aufbau des Sonnensystems behandelt wird. Astronomische Bildung ist aber sehr viel mehr.

Versetzen wir uns einmal in die einzelnen Fachlehrer. Sie müssten sich über die ihrem Fach zugeordneten Themen hinaus auch einen Gesamtüberblick über die Astronomie verschaffen, um Zusammenhänge zu erkennen. Wer sich aber nur notdürftig und nebenbei in die Astronomie einarbeiten kann, wird tiefer gehende

Fragen einzelner »Astronomie-Freaks«, die es in manchen Klassen gibt, fürchten. Er wird sich hüten, sich auf dieses Glatteis zu begeben, und die entsprechenden Inhalte meiden. Zudem wären Inhalte wie Sternbilder, das Orientieren am Sternenhimmel und die einzigartige Kulturgeschichte der Himmelskunde, nicht vertreten, weil sie rein astronomischer Art sind und keinem anderen Fach sinnvoll zugeordnet werden können.

Ein weiteres Problem ist, dass diese Themen in einer sinnvollen Reihenfolge vermittelt werden müssten. Eine derartige Abstimmung können die Lehrplankommissionen der einzelnen Fächer nicht leisten. Aus den ungeordnet erworbenen Fragmenten könnten die Schüler kein taugliches Bild vom Universum gewinnen. Die Variante 1 ist weder sinnvoll, noch realisierbar.

Daher kommen wir zur Variante 2: Die Astronomie wird innerhalb des Physikunterrichts vermittelt. Im 19. Jahrhundert konzentrierte sich das öffentliche astronomische Interesse auf die scheinbare Himmelskugel und die Kepler-Ellipse. Diese Inhalte konnten gut in den Mathematik- oder Geografieunterricht integriert werden, was in höheren Schulen zuweilen geschah. Als die Astrophysik nach Hertzsprung und Russell im 20. Jahrhundert einen Stand erreicht hatte, dass man die physikalischen Eigenschaften vieler Sterne untersuchte und überraschende Gesetzmäßigkeiten entdeckte, rückte das physikalische Wesen der Sterne in den Fokus. Die Astronomie wanderte in den Physikunterricht. Die meisten Bundesländer halten bis heute daran fest. Wie erfolgreich ist das?

Im Studium der Physik für das Lehramt spielt die Astronomie traditionell eine sehr geringe Rolle. Erfreulicherweise bieten – weil es das Bildungswesen von sich aus selten tut – die Deutsche Physikalische Gesellschaft, die Deutsche Astronomische Gesellschaft, die Europäische Südsternwarte, das Deutsche Museum in München, das Haus der Astronomie, der Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts (MNU) und weitere Organisationen astronomische Weiterbildungen an, die zusammen alljährlich einige hundert Teilnehmer anlocken. Aus der Sicht einer solchen Veranstaltung ist das ein großer Erfolg. Berücksichtigt man jedoch, dass es in Deutschland etwa 40000 Physiklehrer geben dürfte, relativiert sich die Breitenwirkung solcher Tagungen. In Nordrhein-

Westfalen, wo es relativ wenige Physikstunden gibt, wurde das Fach 2017/18 allein an staatlichen allgemein bildenden Schulen von 7958 Lehrkräften unterrichtet. In Sachsen, wo alle Gymnasiasten und Oberschüler von der 6. bis zur 10. Klasse je zwei Wochenstunden Physik haben, waren es 1926. Der geringe Anteil an astronomisch und astronomiedidaktisch ausreichend qualifizierten Physiklehrkräften erklärt, warum die in den Physiklehrplänen enthaltenen astronomischen Inhalte allzu oft nur gestreift oder wenig ansprechend umgesetzt werden.

Der Tübinger Astrophysiker Hanns Ruder (1939–2015), der sich auch in der astronomischen Bildung engagierte und in vielen Schulen unterwegs war, schätzte 2012, dass nur ungefähr fünf Prozent der Schüler während ihrer Schulzeit eine nennenswerte astronomische Bildung erlangen. Auch wenn es sich dabei nicht um das Ergebnis einer statistischen Erhebung, sondern nur um einen geschätzten Prozentsatz han-

delt, ist schon allein die Größenordnung erschreckend. Die Hoffnung, man könne über die Physiklehrkräfte die breite Schülerschaft an die Astronomie heranführen, ist mit den Gegebenheiten und Möglichkeiten der Schulpraxis unvereinbar und kann deshalb auch in Zukunft nicht erfüllt werden.

Die Kritik geht allerdings nicht an die Adresse der Physiklehrer. Denn sie müssen andere Schwerpunkte setzen. Zudem haben sie sich im Studium meist viel zu wenig mit Astronomie beschäftigt und können sich nur sporadisch in Weiterbildungen oder in ihrer Freizeit autodidaktisch qualifizieren. Das kann man nicht erwarten.

Übrigens gibt es hier und dort astronomisch interessierte Lehrkräfte und sogar Amateurastronomen, die irgendein anderes Fach unterrichten. Sie würden den Astronomieunterricht vielleicht gern engagiert durchführen, können es aber nicht, weil er in einem Fach liegt, das sie nicht

unterrichten. Auch deshalb gilt die Kritik nicht den Physiklehrern, sondern dem Prinzip, die Astronomie dem Unterrichtsfach Physik zuzuordnen.

Stärken des Fachs Astronomie

Deshalb bedienen sich einige Bundesländer seit Langem der Variante 3, des eigenständigen Unterrichtsfachs Astronomie (siehe Kasten unten). Seine organisatorischen und inhaltlichen Vorteile sind:

■ Ein eigenständiger obligatorischer Astronomieunterricht in der Klassenstufe 9 oder 10 gewährleistet, dass alle Schüler von dem astronomisch versiertesten Lehrer ihrer Schule unterrichtet werden. Das führt bei den meisten Lernenden zu einem deutlich größeren Lernerfolg pro Unterrichtseinheit. Schon allein deshalb ist das Fach Astronomie die mit Abstand effizienteste Form des Astronomieunterrichts.

■ Es muss nicht mehr jeder Physiklehrer, sondern nur noch ein Bruchteil von Lehrern astronomisch und astronomiedidak-

Die Verbreitung des Unterrichtsfachs Astronomie

In Deutschland ist Bildung Ländersache. Daraus resultiert, dass Astronomie sehr unterschiedlich an Schulen gelehrt wird. Die Berücksichtigung der Astronomie im Unterricht reicht vom fast völligen Fehlen über ausschließlich freiwillige Angebote bis zum eigenständigen Pflichtfach. In der Tabelle sind jene Bundeslän-

der erfasst, in denen das Fach Astronomie explizit im Curriculum vertreten ist. Dabei wird angegeben, wie viele Wochenstunden in welcher Schulart und Jahrgangsstufe vorgesehen sind (Stand: Schuljahr 2018/19). Die letzte Spalte »Studium« nennt Hochschulen, die das Lehramtsstudium im Fach Astronomie anbieten.

| Bundesland | Sekundarstufe | Wochenstunden (WSt) / Klasse | Schulart | Studium |
|------------------------|---------------|---|---|----------------------|
| Baden-Württemberg | II | 2 WSt in Klasse 11 oder 12 (fakultativ seit 1972) | Gymnasien | Universität Tübingen |
| Brandenburg | I | je 2 WSt in Klasse 9 und 10 (Wahlpflicht) | Oberschulen, Gymnasien | Nein |
| | I | 1 bis 2 WSt in Klasse 9 oder 10 auf Beschluss der Schulkonferenz als Pflichtfach möglich | Oberschulen, Gymnasien | |
| | II | je 2 WSt Seminarkurs Astrophysik in Klasse 11 und 12 (fakultativ) | Gesamtschulen, Gymnasien | |
| Mecklenburg-Vorpommern | I | 1 WSt in Klasse 9 oder 10 (Pflicht seit 1959) | Regionale Schulen, Gesamtschulen, Gymnasien | Universität Rostock |
| Sachsen | II | je 2 WSt Grundkurs in Klasse 11 und 12 (fakultativ) | Gymnasien | Nein |
| Sachsen-Anhalt | I | 1 WSt in Klasse 10 (Pflicht seit 1959) | Sekundarschulen | Universität Halle |
| | I | 1 WSt in Klasse 9 (Pflicht seit 1959) | Gymnasien | |
| | I | je 2 WSt Wahlpflichtkurs in Klassen 9 und 10 möglich | Gymnasien | |
| | II | je 2 WSt Wahlpflichtfach in Klasse 11 und 12 (fakultativ) | Gymnasien | |
| Thüringen | I | 1 WSt in Klasse 9 oder 10 (Pflicht seit 1959) | Regelschulen | Universität Jena |
| | I | 1 WSt in Klasse 10 (Pflicht seit 1959) | Gymnasien | |
| | I | je 3 WSt Astrophysik in Klasse 9 und 10 (im Wahlpflichtzweig Naturwissenschaften möglich) | Gymnasien | |
| | II | je 2 WSt Grundkurs in Klasse 11 und 12 (fakultativ) | Gymnasien | |



Je mehr Schüler in den Schulen ansprechend an die Astronomie herangeführt werden, desto mehr beteiligen sie sich an Wettbewerben wie »Jugend forscht«.

tisch qualifiziert werden. Das lässt sich leichter, hochwertiger und kostengünstiger realisieren. Zugleich werden astronomisch weniger ambitionierte Physiklehrer entlastet.

■ In Bundesländern, in denen die Astronomie ein reguläres Pflichtfach ist, schenken ihr die Kultusbehörden erheblich mehr Aufmerksamkeit, zum Beispiel durch die Aus- und Weiterbildung von Astronomielehrern und die Unterstützung von Schulsternwarten.

■ Ein Astronomieunterricht, der nicht in der Systematik und Didaktik eines anderen Fachs gefangen ist, kann als fächerverbindender Unterricht gestaltet werden. Er zeigt das Zusammenwirken der MINT-Fächer, wodurch er jedes von ihnen fördert.

■ Wenn in der Klassenstufe 9 oder 10 alle Schüler Astronomieunterricht erhalten und diesen in gleich hoher Qualität erfahren, können Astronomie-Oberstufenkurse darauf aufbauen und deutlich anspruchsvollere Ziele erreichen.

Die überragende Bedeutung dieser Vorteile kennt man besonders gut in Sachsen, wo man sie 2007 mit der Auflösung des Fachs Astronomie schlagartig allesamt verlor. Dass die Mehrheit der Schüler nicht mehr ansprechend an die Astronomie herangeführt wird, ist auch in den Sternwarten und Planetarien zu spüren. Sie werden von jungen Menschen weniger frequentiert. Der Rückgang wird teilweise mit mehr als 50 Prozent beziffert.

Ein guter Astronomieunterricht kann – unabhängig von seiner Organisationsform – von einer Lehrperson nicht mal so nebenbei realisiert werden. Weil die Himmelskunde im Vergleich zu den anderen Naturwissenschaften fachlich und didaktisch nicht weniger anspruchsvoll ist, müs-

sen Astronomielehrer ausgebildet werden. Ein Studium der Astrophysik ist nicht per se optimal, weil es die Studierenden auf den Einsatz in der astrophysikalischen Forschung, also für ein ganz anderes Aufgabenfeld, vorbereitet.

Einzelheiten zum Fach Astronomie erfährt man zum Beispiel in Sachsen-Anhalts Fachlehrplänen Astronomie. Für die Ausbildung der Lehrkräfte gibt es dort ein Ergänzungsstudium mit 20 Semesterwochenstunden Astronomie für Lehramtsstudierende, wenn diese eines der Fächer Mathematik, Physik oder Geografie studieren. Aktive Lehrpersonen können die Unterrichtserlaubnis für Astronomie nachträglich in speziellen Weiterbildungskursen erwerben. Seit 2018/19 kann an der Universität Tübingen Astronomie als Erweiterungsfach mit Abschluss Master of Education gewählt werden. Es kann parallel zu den zwei Hauptfächern in deren 3. Fachsemester begonnen werden.

Was ist zu tun?

Die Astronomie hat in vielerlei Hinsicht einen hohen Allgemeinbildungswert. Zudem erfreut sich der Bereich »Astronomie und Raumfahrt« in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft einer wachsenden Bedeutung. Folgerichtig fordern viele von den Kultusministerien mehr Astronomie in den Schulen. Oft wird dabei jedoch vergessen, einen realisierbaren Weg aufzuzeigen, wie das mit Erfolg umgesetzt werden kann. Wie sollen es die Kultusbehörden denn machen? Sollen sie 40 000 Physiklehrer astronomisch und astronomiedidaktisch qualifizieren? Das geht wohl nicht. Aber 8000 astronomisch interessierte Lehrkräfte zu befähigen, einen guten Astronomieunterricht zu gestalten, ist möglich. Auch dazu gibt es Erfahrungen, denn in Ostdeutschland wurden in den 1960er bis 1980er Jahren rund 2000 Astronomielehrkräfte ausgebildet, wobei die Geeignetsten sich beworben haben beziehungsweise angesprochen wurden. Mit den heutigen Möglichkeiten könnte das weitaus zügiger geschehen.

Folgender Vergleich drängt sich auf: In Deutschland vertreten die offiziellen Repräsentanten der Informatik ihr Fach sehr selbstbewusst in der Bildung. Sie haben klar und einhellig gezeigt, dass grundlegende Kenntnisse in der Informatik zur Allgemeinbildung gehören. Sie konnten darüber hinaus plausibel machen, dass nicht jeder Mathematiklehrer zum Infor-

matiklehrer gemacht werden kann. Obgleich die Verfechter der Informatik nicht auf Bundesländer verweisen konnten, die das Fach schon seit 1959 erfolgreich unterrichten, ist die Informatik bereits heute in mehreren Bundesländern Pflichtfach.

Was geschah in der Astronomie in dieser Zeit? »Ein sehr positives Beispiel für die öffentliche Bildung ist der Schulunterricht in Astronomie in einigen der Neuen Bundesländer, ein Beispiel, welches im wahrsten Sinne des Wortes Schule machen sollte.« Dieser Weckruf der Deutschen Forschungsgemeinschaft von 2003 verhallte ungehört. Der von bedeutenden Organisationen und herausragenden Persönlichkeiten vieler Fachgebiete unterzeichnete »Offene Brief an Bund und Länder«, eine Steilvorlage zum Internationalen Jahr der Astronomie 2009, wurde zerredet.

Wir müssen uns entscheiden, ob es bei den fünf Prozent bleiben oder ob die Mehrheit der jungen Menschen die Möglichkeit erhalten soll, sich unter kompetenter Anleitung eine nachhaltige astronomische Grundbildung anzueignen. Die in den verschiedenen Regionen des deutschen Sprachraums über Jahrzehnte gesammelten unterschiedlichsten Erfahrungen zeigen eindeutig, dass Letzteres nur mit einer einzigen Organisationsform erreicht werden kann, dem Pflichtfach Astronomie in der Sekundarstufe I. Der genannte Offene Brief empfiehlt dafür zwei Jahreswochenstunden im letzten Schuljahr der Mittelstufe.



LUTZ CLAUSNITZER war von 1970 bis 2010 Lehrer der Fächer Mathematik, Physik und Astronomie in Sachsen. Er arbeitet am Projekt »Wissenschaft in die Schulen!«

mit und entwickelte die App »AudioHimmelsführungen«.

Literaturhinweise

Versch. Autoren: Astronomie und Bildung. Sterne und Weltraum 1/2010, S. 48–61

Clausnitzer, L.: Das Smartphone als Himmelsklärer. Sterne und Weltraum 6/2015, S. 74–78

Weitere Informationen und Material unter www.lutz-clausnitzer.de